

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-4660

(43)公開日 平成6年(1994)1月14日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 6 F 15/66
H 0 4 N 1/387

識別記号

4 7 0 J

庁内整理番号

8420-5L
4226-5C

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数9(全12頁)

(21)出願番号 特願平4-159832

(22)出願日 平成4年(1992)6月18日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 森村 淳

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 川原 功

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

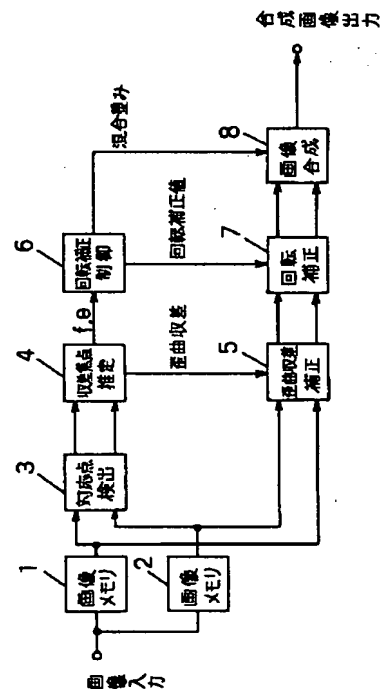
(74)代理人 弁理士 松田 正道

(54)【発明の名称】 画像合成装置

(57)【要約】

【目的】 画像処理の演算コストを削減し、画像変形時の補間に伴う画像のボケが発生する面積を低減できる画像合成装置を提供すること。

【構成】 入力された画像を記憶する画像メモリ1,2と、複数の画像の対応点を検出する対応点検出手段3と、その検出結果に基づき、各画像の歪曲収差、回転補正角及び焦点距離値を推定する歪曲収差焦点距離推定手段4と、推定された歪曲収差に基づき、重なり部分について、補正を行う歪曲収差補正手段5と、推定された回転補正角及び焦点距離値に基づき、回転補正值及び回転補正範囲を決定する回転補正制御手段6と、その決定結果に基づき、回転補正範囲の部分に回転補正を行う回転補正手段7と、回転補正制御手段6の決定結果に基づき、複数の画像を合成する画像合成手段8とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一部重複する複数の画像を入力する画像入力手段と、その入力された複数の画像の重複する部分を検出する重複検出手段と、その重複検出手段の検出結果に基づき、収差情報を推定し、それに基づいて、少なくとも前記重なり部分について、収差補正を行う収差補正手段と、その収差補正された双方の重なり部分画像について、その不一致の態様の傾向を推定し、その推定結果に基づき、双方の重なり部分を、互いに一致する方向に補正を行う重なり補正手段と、補正されたそれら画像を合成する画像合成手段とを備えたことを特徴とする画像合成装置。

【請求項 2】 一部重複する複数の画像を入力する画像入力手段と、その入力された複数の画像の重複する部分を検出する重複検出手段と、その重複検出手段の検出結果に基づき、前記複数の各画像の収差、回転補正角及び焦点距離値の各情報を推定する補正情報推定手段と、その推定された収差情報に基づき、少なくとも前記重なり部分について、収差補正を行う画像収差補正手段と、前記推定された回転補正角情報及び焦点距離値情報に基づき、回転補正値及び回転補正範囲を決定する回転補正決定手段と、その決定結果に基づき、前記画像の前記回転補正範囲の部分に回転補正を行う回転補正手段と、前記回転補正決定手段の決定結果に基づき、前記回転補正された画像を合成する画像合成手段とを備えたことを特徴とする画像合成装置。

【請求項 3】 回転補正決定手段により決定される前記回転補正範囲は、前記複数の画像間の重複する部分で各画像の面積の所定の割合以下であり、前記回転補正値は前記回転補正範囲で重複する 2 枚の画像のそれぞれの回転補正値の合計が前記補正情報推定手段で求めた前記回転補正角であることを特徴とする請求項 2 記載の画像合成装置。

【請求項 4】 回転補正決定手段により決定される前記回転補正範囲は、前記複数の画像間の重複する部分以外の部分も含み、前記回転補正値は前記回転補正範囲で重複する 2 枚の画像のそれぞれの回転補正値の合計が前記補正情報推定手段で求めた前記回転補正角であることを特徴とする請求項 2 記載の画像合成装置。

【請求項 5】 回転補正値は、各画像の中心およびその近くで回転補正角が小さくなることを特徴とする請求項 4 記載の画像合成装置。

【請求項 6】 回転補正決定手段は、回転補正時に前記補正情報推定手段で求めた前記焦点距離値を増加させ、被回転補正画像の変化が滑らかになるように制御することを特徴とする請求項 2、3、4、又は 5 記載の画像合成装置。

【請求項 7】 一部重複する複数の画像を入力する画像入力手段と、その入力された複数の画像の重複する部分を検出する重複検出手段と、その重複検出手段の検出結

果に基づき、部分同士のずれ量を計算するずれ計算手段と、その計算されたずれをなくすように前記画像を変形する画像ずれ補正手段と、そのずれ補正手段よりずれの無いように変形された複数の画像を合成する画像合成手段とを備えたことを特徴とする画像合成装置。

【請求項 8】 一部重複する複数の画像を入力する画像入力手段と、その入力された複数の画像の重複する部分を検出する重複検出手段と、その重複検出手段の検出結果に基づき、対応する部分同士のずれ量を求め、その対応する 2 部分のうち、それぞれの画像中心から遠い方の部分を補正することによってずれをなくすずれ補正手段と、前記補正された画像を合成する画像合成手段とを備えたことを特徴とする画像合成装置。

【請求項 9】 画像合成手段は、複数の画像の対応する部分の画像信号の平均値を計算する画像対応部平均値演算手段と、前記計算された画像信号の平均値に基づき、前記画像信号のレベル補正値を決定する補正値決定手段と、そのレベル補正値に応じて各画像の位置に対応した画像レベルの重みを決定する画像重み決定手段と、その決定された重みに基づき、前記複数の画像の信号値を前記対応する部分の近傍で実質上等しいレベルに変換し、それら画像を合成する重み合成手段とを備えたことを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6、7、又は 8 記載の画像合成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、一部重複する複数の画像から、重複部分で画像を重ねて合成する画像合成装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、一部重複する複数の画像を合成する分野の技術としては、例えば図 13 に示すものがある（1991 年電子情報通信学会春季全国大会講演論文集 D-453）。図 13 は、この従来の画像合成方法の概念を示すものである。図 13 において R は被写体であり O はカメラの基準点である。Q、Q' は被写体がカメラ撮像時に投影される投影面であり、P はパノラマ画像を得るための投影面である。この技術は Q、Q' に投影された画像を P に変換することにある。

【0003】上記の Q、Q' に投影されるカメラの画像を、図 14 (a) に示す。この画像は通常のカメラで撮像される画像であるが、この 2 枚の画像は被写体が同じであっても、撮像される角度が異なるため、異なる投影が行なわれ画像はそのままでは重ならない。画像がちょうど重なるようにするためには、カメラの撮像画像の投影面である Q、Q' からパノラマ画像が得られる P の投影面に画像を再投影すればよい。Q、Q' の画像を P に投影した画像を図 14 (b) に示す。このように P に再投影した画像は、原理的には図 14 (c) のように丁度重なるものである。

【0004】また、発明者らが出願している画像合成技術（特願平03-270813）の概要を図15に示す。同図

（a）は撮像画像で歪曲収差を含む画像であり、同図（b）は歪曲収差を補正した画像であり、同図（c）は画像の回転変換により画像の重ね合わせが可能になるようにして画像を合成したものである。この技術は撮像された画像より、カメラのレンズの焦点値、歪曲収差値を画像間の対応点から推定し、歪曲収差を補正してから画像の回転変換を行い画像を接続合成するものである。

【0005】以下にこれらの技術の概要を説明する。

【0006】発明者らが提案した上記の画像合成に用いる画像合成装置の構成図を図16に示す。破線で示した歪曲収差、焦点距離、回転角推定部で歪曲収差を推定する事により、画像がレンズの歪曲収差により受ける歪を補正し、次に画像の回転変換を行うことにより図15

（c）に示すように、複数の画像を重ね合わせ誤差の非常に少ない状態で合成することができる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図13のような方法では、カメラの歪曲収差のために合成された画像で数画素のずれが発生し、現実のカメラから得られる画像では理想通りにきれいに重ね合わせることができない。また画像を投影することによる画像の変形が、画像の全領域におよび、画像処理の演算コストが高くなり、また画像の変形時の補間に伴う画像のボケが発生するという問題点を有していた。

【0008】これに対し発明者らは図15に示す方法を提案し、実際の画像の歪曲収差を補正し、複数の画像が重ね合わせ誤差の非常に少ない状態で合成する方式を実現した。しかしこの方法も、画像を重ね合わせる変換を行なうとき、重ね合わせる画像の全領域の画像変換を行なう必要があり、やはり画像処理の演算コストが高くなり、また画像の変形時の補間に伴う画像のボケが発生するという課題があった。

【0009】本発明は、従来のこのような課題を考慮し、画像の変形部分の面積を低減することによって、画像処理の演算コストを削減し、画像変形時の補間に伴う画像のボケが発生する面積を低減できる画像合成装置を提供することを目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1の本発明は、一部重複する複数の画像を入力する画像入力手段と、その入力された複数の画像の重複する部分を検出する重複検出手段と、その重複検出手段の検出結果に基づき、収差情報を推定し、それに基づいて、少なくとも重なり部分について、収差補正を行う収差補正手段と、その収差補正された双方の重なり部分画像について、その不一致の態様の傾向を推定し、その推定結果に基づき、双方の重なり部分を、互いに一致する方向に補正を行う重なり補正手段と、補正されたそれら画像を合成する画像合成手

段とを備えた画像合成装置である。

【0011】請求項2の本発明は、一部重複する複数の画像を入力する画像入力手段と、その入力された複数の画像の重複する部分を検出する重複検出手段と、その重複検出手段の検出結果に基づき、複数の各画像の収差、回転補正角及び焦点距離値の各情報を推定する補正情報推定手段と、その推定された収差情報に基づき、少なくとも重なり部分について、収差補正を行う画像収差補正手段と、推定された回転補正角情報及び焦点距離値情報に基づき、回転補正值及び回転補正範囲を決定する回転補正決定手段と、その決定結果に基づき、画像の回転補正範囲の部分に回転補正を行う回転補正手段と、回転補正決定手段の決定結果に基づき、回転補正された画像を合成する画像合成手段とを備えた画像合成装置である。

【0012】請求項7の本発明は、一部重複する複数の画像を入力する画像入力手段と、その入力された複数の画像の重複する部分を検出する重複検出手段と、その重複検出手段の検出結果に基づき、部分同士のずれ量を計算するずれ計算手段と、その計算されたずれをなくすように画像を変形する画像ずれ補正手段と、そのずれ補正手段よりずれの無いように変形された複数の画像を合成する画像合成手段とを備えた画像合成装置である。

【0013】請求項8の本発明は、一部重複する複数の画像を入力する画像入力手段と、その入力された複数の画像の重複する部分を検出する重複検出手段と、その重複検出手段の検出結果に基づき、対応する部分同士のずれ量を求め、その対応する2部分のうち、それぞれの画像中心から遠い方の部分を補正することによってずれをなくすずれ補正手段と、補正された画像を合成する画像合成手段とを備えた画像合成装置である。

【0014】

【作用】請求項1の本発明は、画像入力手段が一部重複する複数の画像を入力し、重複検出手段が入力された複数の画像の重複する部分を検出し、収差補正手段が重複検出手段の検出結果に基づき、収差情報を推定し、それに基づいて、少なくとも重なり部分について、収差補正を行い、重なり補正手段が収差補正された双方の重なり部分画像について、その不一致の態様の傾向を推定し、その推定結果に基づき、双方の重なり部分を、互いに一致する方向に補正を行い、画像合成手段が補正されたそれら画像を合成する。

【0015】請求項8の本発明は、画像入力手段が一部重複する複数の画像を入力し、重複検出手段が入力された複数の画像の重複する部分を検出し、補正手段が重複検出手段の検出結果に基づき、対応する部分同士のずれ量を求め、その対応する2部分のうち、それぞれの画像中心から遠い方の部分を補正することによってずれをなくし、画像合成手段がその補正された画像を合成する。

【0016】

【実施例】以下に、本発明をその実施例を示す図面に基

づいて説明する。

【0017】図1は、本発明にかかる第1の実施例における画像合成装置の構成図である。すなわち、画像合成装置には入力された画像を記録する画像メモリ1、2が設けられ、画像メモリ1、2は複数の画像の対応点を検出する対応点検出手段3及び、画像の歪曲収差を補正する歪曲収差補正手段5に接続されている。対応点検出手段3は画像の対応関係より撮像したときのカメラの歪曲収差、焦点距離、回転角を推定する歪曲収差焦点距離推定手段4に接続され、歪曲収差焦点距離推定手段4は、
10 回転補正の補正範囲と補正量を制御する回転補正制御手段6及び、歪曲収差補正手段5に接続されている。歪曲収差補正手段5は歪曲収差の補正された画像に対して回転補正を行なう回転補正手段7に接続され、その回転補正手段7は補正された画像を合成する画像合成手段8に接続されている。又、回転補正制御手段6は回転補正手段7及び画像合成手段8に接続されている。以上の画像メモリ1、2が画像入力手段を構成し、対応点検出手段3が重複検出手段を構成し、歪曲収差焦点距離推定手段4が補正情報推定手段を構成し、歪曲収差補正手段5が
20 画像収差補正手段を構成し、回転補正制御手段6が回転補正決定手段を構成し、又、歪曲収差焦点距離推定手段4及び歪曲収差補正手段5が収差補正手段を構成し、回転補正制御手段6及び回転補正手段7が重なり補正手段を構成している。

【0018】次に上記実施例の動作について説明する。

【0019】まず、撮像時にカメラの角度を変え、被写体の一部を重複させて撮像した第1および第2の2枚の画像を、それぞれ画像メモリ1、2に入力する。次に第1と第2の画像中から、2枚の画像の互いに重複する部分
30 の座標位置2カ所を、対応点検出手段3によって検出する。検出された2点の対応点を用い、歪曲収差焦点距離推定手段4により歪曲収差、焦点距離及び回転角を推定する。

【0020】図2は、上記の歪曲収差焦点距離推定手段4の構成図である。歪曲収差焦点距離推定手段4は、座標歪曲収差補正手段14、15、座標変換係数決定手段10、座標幾何変換手段11、誤差評価手段12、焦点距離推定手段13、歪曲収差推定手段16により構成されている。このように構成された歪曲収差焦点距離推定手段4の動作を簡単に述べる。尚、歪曲収差焦点距離推定手段4の動作は、発明者らが先出願の画像合成技術
40 (特願平03-270813)と同じであり、同じ動作の部分の詳細な説明は一部省略する。

【0021】まず、歪曲収差推定手段16によって、入力された画像が有する歪曲収差を表すパラメータを適当な初期値から出発して推定し、次に焦点距離推定手段13によって、入力画像を撮影した装置の焦点距離を適当な初期値から出発して推定する。座標歪曲収差補正手段14、15は、推定した歪曲収差に基づき、これを逆補
50

正するよう、前述の対応点検出手段3で検出した対応点の座標位置をそれぞれ補正する。

【0022】入力された2枚の画像は一部分を重複させたものであるが、撮影時のカメラの角度が異なっており、このため一方の画像は他方の画像に対して、単純な平行移動を行っても完全には重ならない。重複した部分を重ねるためには、一方の画像に所定の幾何変換を施す必要がある。この幾何変換は、変換前の点(x, y)が点(x', y')に変換されるとすれば、次の(数1)および(数2)の関係が成り立つような変換である。ただし歪曲収差は補正されているものとする。

【0023】

【数1】

$$x' = f(R_{11}X + R_{12}Y + R_{13}f) / (R_{31}X + R_{32}Y + R_{33}f)$$

【0024】

【数2】

$$y' = f(R_{21}X + R_{22}Y + R_{23}f) / (R_{31}X + R_{32}Y + R_{33}f)$$

ここでfはカメラの焦点距離、 R_{ij} (i, j=1, 2, 3)は幾何変換行列Rの係数であり、2枚の画像間で共通の被写体部分に対応する点(以下対応点という)の組が、2組以上あれば決定できることが知られている。

【0025】次に、座標変換係数決定手段10は、歪曲収差を補正した2組以上の対応点の座標位置と、焦点距離推定手段13により推定された焦点距離値から変換係数 R_{ij} 及び回転角 θ を決定し、座標幾何変換手段11は決定された変換係数に基づいて、座標歪曲収差補正手段15の出力の座標位置を幾何変換する。座標歪曲収差補正手段14の出力及び座標幾何変換手段11の出力を誤差評価手段12によって評価する。この時歪曲収差の推定値と焦点距離値の推定値が共に真の値に近ければ、この評価値はほぼ0となる。従って、評価値を歪曲収差推定手段16および焦点距離推定手段13にフィードバックして、歪曲収差の推定値および焦点距離値の推定値を更新するループを形成し、誤差評価手段12の評価値が最小となる歪曲収差値および焦点距離値を探索する。

【0026】この動作の概念を図15を用いて説明する(歪曲収差値の推定と焦点距離値の推定については発明者らが先に提案したものと同じである)。図15(a)の画像a及びbは、被写体を異なったカメラ角度で撮影した2枚の画像であり、一般に画像には歪曲収差が含まれている。

【0027】画像内のA、B、C、およびA'、B'、C'は2枚の画像でそれぞれ重複する部分の対応点である。画像a、bの歪曲収差を補正したものが図15

(b)に示す画像c、dである。画像bにおける2点たとえばA'、C'がそれぞれ画像aにおける2点A、Cに対応するとすれば変換係数が決定できる。この変換係数に従って画像dを幾何変換すると図15(c)に示す画像fが得られる。図15(c)の画像c、fにおいて、AとA'、CとC'は常に一致するが、BとB'

は歪曲収差推定値および焦点距離推定値が正しくなければ一致しない。このBとB'が一致するよう焦点距離推定値fと(数3)に示す歪曲収差値のパラメータwa,wbを変化させ、フィードバックしてBとB'の差が最小になるようにする。以上のようにして歪曲収差値および焦点距離値の真値を推定する。最終的に正しく推定された歪曲収差を用いて画像の歪曲収差を補正する。画像の歪曲収差は以下に示す(数3)で表わされる。

【0028】

【数3】 $Y = waX^3 + wbX^2 + X$

ここでXは理想的な画素の位置であり、Yは画像の中心からの各画素の座標までの距離である。wa,wbは歪曲収差パラメータである。

【0029】この時画像の対応点検出には一般の画像を用いることができ、前もって特殊なテストパターン等を準備して歪曲収差を測定する必要がなく、また焦点距離の推定も同時に行われ、焦点距離についても前もって測定しておく必要もない。

【0030】なお、ここでは、画像の変換を用いて説明したが、必ずしも実際に画像の歪曲収差を補正したり、幾何変換したりする必要はなく、必要最小限の画素の座標値のみを用いて演算することが可能である。また簡単のため、画像の対応点には3点を用いて説明したが、一般的には未知である歪曲収差、焦点距離のパラメータ数に応じて、対応点の数を用意し、正しい推定値で系が収束するようにすれば良い。

【0031】ここまでは発明者らが既に提案した(特願平03-270813)と同様で、撮像画像の歪曲収差と焦点距離及びカメラの回転角を求める方法であり、歪曲収差焦点距離推定手段4で行なう。本発明における歪曲収差及び焦点距離の推定方法は、歪曲収差の補正範囲と回転変換の補正方法が異なる。すなわち、まず推定された歪曲収差を用い、歪曲収差補正手段5で2つの画像の対応部のみ歪曲収差補正を行い歪曲収差のない画像を得る。対応部の歪曲収差を補正した、画像と歪曲収差の補正量の割合を図3(a)、(b)に示す。

【0032】次に2つの画像が重なりあっている部分の回転補正角 θ を、図3(e)に示すように画像AとBのそれぞれに分割して変化させながら、画像の重なりあっている部分だけそれぞれの回転補正角 θ を分割した回転補正値に応じて画像の回転座標変換を行なう。このように座標変換を行なったときの画像の変化の概略を図3

(c)、(d)に示す。図3(d)は同図(c)の中央部の拡大図である。画像AとBのオーバーラップ部ではそれぞれの回転補正値の合計は一定で、画像A、Bを撮像したときのカメラのなす角すなわち回転補正角 θ に等しい。この回転補正角 θ は歪曲収差焦点距離推定手段4で推定されたものである。図3(c)の破線は、AまたはBの片方の画像を固定し、他方の画像全体に歪曲収差補正と、回転補正角 θ に相当する回転座標変換を行なっ

たときの、画像の変形の概略を示したものである。

【0033】このように回転補正値を図3(e)に示すように変化させながら、回転座標変換を行なうことにより、画像A、Bのオーバーラップ部で画像が丁度重なるような変換となる。以上のように回転補正値の補正時の制御を、回転補正制御手段6で行い、画像の回転補正処理を回転補正手段7で行なう。このようにして得られた対応部分が位置合わせされた複数の画像を画像合成手段8で合成する。この画像合成手段8の構成を図6に示す。画像合成手段8は、対応部平均値算出手段20、21、レベル補正値決定手段22、重み決定手段23、乗算手段24、25、加算手段26により構成されている。このように構成された画像合成手段8の動作を説明する。対応部平均値検出手段20、21により各画像の対応部の信号レベルの平均値を求める。次にそれら平均値の平均を求め、この平均値に各画像のレベルを一致するように変換の補正値を決定する。画像Aの対応部の平均をa、画像Bの対応部の平均をbとすると、各画像の対応部の中心の補正値 α 、 β は(数4)(数5)のようになる。

【0034】

【数4】 $\alpha = (a + b) / 2 \cdot a$

【0035】

【数5】 $\beta = (a + b) / 2 \cdot b$

画像の中心から画像の対応部の境界までレベル補正値

(乗算時の係数)を1とし、画像の対応部の境界から対応部の中心までレベル補正値を徐々に変化させ、対応部の中心で α または β とする。対応部の各画像の平均レベルを $a = 2/3$ 、 $b = 1/3$ としたときのレベル補正値の一例を図7(a)に示す。同図の二点鎖線で示したのもレベル補正値の一例であり、オーバーラップ部と各画像の境界で他の画像Aのレベルをもう一方の画像Bのレベルに変換する特性である。 $\alpha 1$ 、 $\beta 1$ は(数6)(数7)のようになる。

【0036】

【数6】 $\alpha 1 = b / a$

【0037】

【数7】 $\beta 1 = a / b$

以上の処理をレベル補正値決定手段22で行なう。次に画像Aと画像Bの混合重みを位置により変化させ、混合重みとレベル補正値の積により、画像にかかる最終的な重みを決定する。この重みの決定を重み決定手段23で行なう。混合重みの一例を図7(b)に示す。このようにして決定された重みを乗算手段24、25によりそれぞれの画像信号にかけ、加算手段26で混合し、合成された画像の出力を得る。

【0038】レベル補正値を1から α 、 β 、 $\alpha 1$ 、 $\beta 1$ と変化した場合、画像の信号レベルは画像Aのレベルから画像Bのレベルへと連続的に変化するため、画像の混合重みは図7(b)の破線で示したように、その重みを位

置に対して急激に変化させても問題は発生しない。極端な例として、オーバーラップ部の中心で画像AとBを切り替える処理をすることも可能である。また逆に混合重みを図7(b)の実線のように揺るやかに変化させた場合、レベル補正値をどの位置で1としても、つまりレベル補正をしない場合でも、合成された画像のレベルは画像Aから画像Bに連続的に変化し、なめらかに接続される。又、図8(a)に示すようにレベル補正値を、オーバーラップ部の外部にまで延長することにより、画像のレベル変化を非常に揺るやかなものとして、合成された画像をより自然な接続にすることが可能である。

【0039】以上のように、画像の対応部分のカメラの光学系の歪を補正するとともに、画像の対応部分の回転補正値を制御し、カメラの回転による画像の回転投影の変形を補正することにより、画像を補正する部分の面積を小さくでき、同時に複数の画像の対応部分を完全に重なるように変換することが可能となる。従って画像の補正によりボケる部分が最小となるようにして、複数の画像を合成し、高解像度な画像を合成できる。

【0040】更に、各画像で最適に露光制御された複数の画像の接合部分の明るさを、なだらかに接合されるように変換して画像を接続するため、合成された画像は飽和や黒沈みの少ない(すなわちダイナミックレンジの高い)画像とすることが可能である。

【0041】又、回転補正角 θ が各画像に分割された回転補正値を変化させながら、回転座標変換を行ない、画像A、Bのオーバーラップ部で画像が丁度重なるような変換を行なう。また画像のレベルも、複数の画像のオーバーラップ部で等しくなるように変換する。この時画像がオーバーラップしていない部分では、回転座標変換による画像の拡大がなく、またオーバーラップ部と非オーバーラップ部との接続部分での不連続もない。従って非オーバーラップ部の画像信号の補間による画像の劣化がなく、2枚(複数枚)の画像をずれることなく、また画像のレベル差もなく重ね合わせることが可能となり、高品位な画像の合成が可能となる。

【0042】次に上記の画像合成の第1のバリエーションとして、回転補正値の与え方を変化させた場合を図4に示す。ここでは、画像のオーバーラップ部の中心より画像の外側(周辺部)の部分で画像の回転補正値を100%とし、画像のオーバーラップ部の中心より画像の内側(中心部)の部分で画像の回転補正値を0%として、画像の回転座標変換を行い画像を合成する。図4(b)に回転補正値の与え方を示す。その他の手法は図3の場合と同様である。このように画像の回転座標変換を行なったときの画像の変形の概略を図4(a)に示す。このような回転補正値の与え方のメリットは回転補正値が2つの値しかとらず、画像の回転座標変換の演算が容易に実現できる点である。ただしこの時オーバーラップ部の

中心で画像は連続であるが、その画像が示す線は少し曲がることになる。

【0043】画像合成の回転変換部分の第2のバリエーションとして、図5に示す方法がある。この場合のバリエーションも回転補正値の与え方を変化させている点である。図5(b)に示すように、画像の回転角を徐々に変化させ、画像のオーバーラップ部以外の位置でも回転補正値を零でない値とする。オーバーラップ部で画像の回転補正値をそれぞれ50%とし、(それぞれの画像の回転補正値の合計が100%であれば良く、各画像の回転補正値は50%からずれても良い。)画像のオーバーラップ部の中心の内側(中心部)で画像の回転補正値を徐々に減少させる。各画像の中心部では回転補正値を零とし、さらに画像の外側(オーバーラップ部と逆方向)でも画像の回転補正値は零とする。このようにして回転補正値を決定し、画像の回転座標変換を行い画像を合成する。このとき画像の変形の位置による変化の割合(以下変化率とする)を小さくでき、第1のバリエーションのように画像の回転補正値の急激な変化があるときに発生する、画像が示す線の曲がり方が非常に小さく、画像の変化率も非常に低くすることが可能である。このとき画像の回転座標変換を行なう面積は前の2つの場合よりも多少増加する。

【0044】次に本発明の第2の実施例として、画像の回転座標変換時に焦点距離値を変化させて行なう方法を示す。構成は第1の実施例と同様であり省略する(図1参照)。異なる点は回転補正制御手段6である。第1の実施例では歪曲収差焦点距離推定手段4より得られた焦点距離値を、回転座標変換時にそのまま定数として処理を行なっていたが、本実施例では焦点距離値を位置に対して変化する関数とする。焦点距離値を関数とすることにより、回転座標変換を行い画像を接続した接続点の近傍で、画像上の位置の変化がさらに滑らかになる。焦点距離値(f 値)の変化の様子と、そのときの回転角の与え方及び画像の変形の概要を図9に示す。焦点距離値の増分の最大値 Δf_m は、回転補正角を θ とすると(数8)となる。

【0045】

$$\text{【数8】 } \Delta f_m \approx 1 / \cos(\theta/2)$$

図9(c)は f 値の変化の一例を示したものであり、同図(b)は回転補正値の一例でこれは第1の実施例と同じである。同図(a)は上記の変換を行なったときの画像の変形の様子の概要である。破線は f 値を100%で固定し、回転補正値のみを可変(第1の実施例と同じ)したときの回転座標変換の画像の変形であり、2点鎖線は f 値100%、回転補正値100%で固定(従来例と同じ)したときの回転座標変換の画像の変形を示したものである。回転補正値と f 値をともに変化させて回転座標変換を行なったものが、画像を接続したときに滑らかに(画像の変形の度合いが少ない状態で)接続される。当

然であるがこの3つの接続方法は、画像の変形の方法や度合は異なるが、画像のオーバーラップ部は3つの接続方法で、AとB（複数）の画像はともに重なる変形である。

【0046】以上のように、画像の回転座標変換を行なうときに、焦点距離値（f 値）を制御することにより、より少ない面積の変換でより滑らか（画像の変形の度合が小さい状態）な画像の変換が可能となる。従って接続合成された画像は、変形される部分が少なく、画像の接続部分もなめらかで、より自然なものとする事ができる。

【0047】次に本発明の第3の実施例として、画像の回転座標変換を用いない手法を示す。本実施例の構成を図10に示す。同図において前述の実施例と同じ機能を有するものは、同じ番号を付し説明は省略する。異なる

$$P(i,j) = \sum_k |S_a(x_k+i, y_k+j) - S_b(x_k, y_k)|$$

【0050】ここで（x_k、y_k）はk番目の演算点の座標、S_a、S_bは画像aまたはbの信号レベル、P（i、j）は偏移量（i、j）での相関演算値である。（数9）ではP（i、j）の最小値が最も強い相関となる。相関演算により画像の対応を求める領域の一例を図11に示す。図11でa_{ij}、b_{ij}は相関演算で画像の対応を求める領域でA_{ij}、B_{ij}は各領域の中心を示す。a₁₁とb₁₁で対応を求め、その後a₅₂とb₅₂まで10カ所での対応関係を求める。次にズレ計算手段30の動作について説明する。図11の画像A、Bの上側の4個の対応領域a_{ij}、b_{ij}（i=1,2 j=1,2）の偏移量の平均と、下側の4個の対応領域a_{ij}、b_{ij}（i=4,5 j=1,2）の偏移量の平均で画像AとBの相対位置関係（平行移動と回転）を決定する。上側、下側のそれぞれの対応領域の偏移量の平均を平行移動とし、それぞれの偏移量の差を回転に対応させる。次に各領域では決定された相対位置関係からそれぞれの領域でのズレを求め、各画像の中心に近いものを固定し、中心から遠いものにズレがあるとして修正する。例えばA₁₁とB₁₁の対応で、画像AとBの相対位置関係を補正した残りのズレが水平+3.2画素、垂直-5.6画素あった場合、画像AのA₁₁の点は画像Aの中心に近いので変形の補正を行わず、画像BのB₁₁の点を水平方向に-3.2画素（負方向）移動し、垂直方向に+5.6画素（正方向）移動させ、変形補正する。またA₁₂とB₁₂の対応で、画像AとBの相対位置関係を補正した残りのズレが水平+1.2画素、垂直+2.6画素あった場合、画像BのB₁₂の点は画像Bの中心に近いので変形の補正を行わず、画像AのA₁₂の点を水平方向に+1.2画素（正方向）移動し、垂直方向に+2.6画素（正方向）移動させ、変形補正する。ここでズレは画像Aを基準にしたときの画像Bのズレであるため、変形補正する画像がAかBかで修正方向は逆になる。このように各画像の中心に近い部分を固定し、中心から遠い部

点は歪曲収差焦点距離推定手段4、歪曲収差補正手段5、回転補正制御手段6及び回転補正手段7に代えて、ズレ計算手段30、画像ズレ補正手段31、画像混合重み決定手段32を有している点である。以上のズレ計算手段30及び画像ズレ補正手段31がズレ補正手段を構成している。

【0048】まず、入力された画像は画像メモリ1、2に記録され、それら画像の対応関係を対応点検出手段3で求める。画像の対応関係の検出には、画像のオーバーラップ部の中のそれぞれの領域で、全点または代表点に対して（数9）のような相関演算を行い、最も強い相関の得られる偏移量から画像間の対応関係を算出する。

【0049】

【数9】

分を変形させる補正を行なう。また画像の変形補正量は、各相関演算を行なった対応領域の中心部のみで求めるが、その他の点の変形補正量は、距離に応じた直線補間で求める。この補間の一例を図12に示す。A₁₁からA₃₁は画像Aの中心部に近いので、このp点での画像の変形補正量を零にする。いまA₁₂の変形補正量（以下補正量）を（1.2,2.6）、A₂₂の補正量を（1.0,1.2）、A₃₂の補正量を（-0.6,-1.4）とする。この時A₁₁とA₁₂の中間点αの補正量は（0.6,1.3）、A₁₂とA₂₂の中間点βの補正量は（1.1,1.85）、A₂₂とA₃₂の中間点γの補正量は（0.2,-0.1）というように補正量を補間する。

【0051】以上のようにズレ計算手段30では対応領域でのズレを求めるとともに、その他の中間点でのズレ補正量を決定する。次に画像ズレ補正手段31では、求められたズレの補正量に応じて画像のズレを零になるよう変形をおこなう。画像の重みと画像の合成は他の実施例と同様に決定し、画像が連続的に入れ替わるような重みとして画像を合成する。

【0052】以上のように画像を変形修正することにより、複数の画像をスムーズに接続することが可能となる。このような変形は投影変換時の歪を補正する画像の回転変換を用いずに画像を接続でき、カメラの光学系の歪曲収差が大きい場合、あるいは又歪曲収差が高次の歪を持つ場合など、歪曲収差や焦点距離値などのパラメータが推定しづらいときでも、画像の変形補正量が容易に求まり、画像の接続が容易に実現できる。

【0053】なお、上記実施例では、いずれも2枚の画像を合成する例を示したが、合成する画像の枚数は2枚に限る必要はなく、画像間でオーバーラップのある複数枚の画像に適応可能である。

【0054】また、上記実施例では、いずれも画像の合成方向は水平方向の例を示したが、合成方向は水平方向に限る必要はなく、垂直方向でもその他の方向でも良

い。

【0055】また、上記第1の実施例で示した回転補正値の与え方は例であり、本発明の主旨にそうものであれば、実施例に示した回転補正値の与え方に限定されるものではない。

【0056】また、上記実施例の画像の信号レベルの補正方法も、実施例に示した方法に限定されるものではない。

【0057】また、上記第2の実施例に示した焦点距離値 f の与え方は1例であり、本発明の主旨にそうものであれば、実施例に示した焦点距離値 f の与え方に限定されるものではない。

【0058】また、上記第3の実施例で示した画像のズレ検出方法は1例であり、例えばその他の相関演算や動きベクトル演算方法など、画像のズレが検出できるものであれば良く、実施例に示したズレ検出方法に限定されるものではない。又、画像のズレを求めるための対応する領域の範囲や個数も本実施例に限定されるものではない。

【0059】また、上記実施例では、いずれも専用のハードウェアにより構成したが、これに代えて、コンピュータを用いてソフトウェア的に構成しても勿論よい。

【0060】また、上記実施例では、いずれも補正を行う収差を歪曲収差としたが、これに限らず、更に他の収差を補正できるように構成してもよい。

【0061】

【発明の効果】以上述べたところから明らかなように本発明は、画像処理の演算コストを削減し、画像変形時の補間に伴う画像のボケが発生する面積を低減できるという長所を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかる第1の実施例における画像合成装置の構成図である。

【図2】同実施例の歪曲収差焦点距離推定手段の構成図である。

【図3】同図(a)、(b)は、同実施例の画像の歪曲収差の補正を示す図、同図(c)は、同実施例の画像の変形を示す図、同図(d)、(e)は、同実施例の画像の対応部の画像の変形及び回転補正値を示す図である。

【図4】同図(a)、(b)は、同実施例における回転補正値の与え方の一例を示す図である。

【図5】同図(a)、(b)は、同実施例における回転補正値の与え方の一例を示す図である。

【図6】同実施例の画像合成手段の構成図である。

【図7】同図(a)、(b)は、同実施例の画像合成手段の画像合成特性の一例を示す図である。

【図8】同図(a)、(b)は、同実施例の画像合成手段の画像合成特性の一例を示す図である。

【図9】同図(a)、(b)、(c)は、本発明にかかる第2の実施例における回転補正制御手段の特性を示す図である。

【図10】本発明にかかる第3の実施例における画像合成装置の構成図である。

【図11】本発明にかかる第3の実施例の対応点を示す図である。

【図12】同実施例のズレの補正量の補間方法を示す図である。

【図13】従来の画像合成の1手法の原理を示す図である。

【図14】従来の画像合成の1手法の合成手順を示す図である。

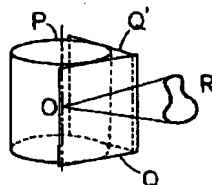
【図15】従来の画像合成の1手法の合成手順を示す図である。

【図16】従来の画像合成装置の構成を示す図である。

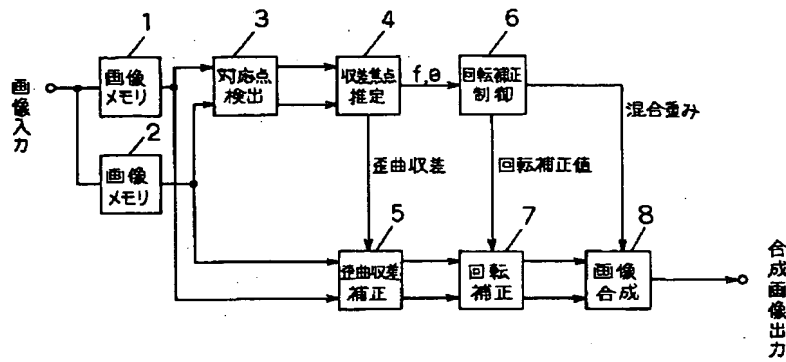
【符号の説明】

- 1、2 画像メモリ
- 3 対応点検出手段
- 4 歪曲収差焦点距離推定手段
- 5 歪曲収差補正手段
- 6 回転補正制御手段
- 7 回転補正手段
- 8 画像合成手段
- 10 座標変換係数決定手段
- 11 座標幾何変換手段
- 12 誤差評価手段
- 13 焦点距離推定手段
- 14、15 座標歪曲収差補正手段
- 16 歪曲収差推定手段
- 20、21 対応部平均値検出手段
- 22 レベル補正値決定手段
- 23 重み決定手段

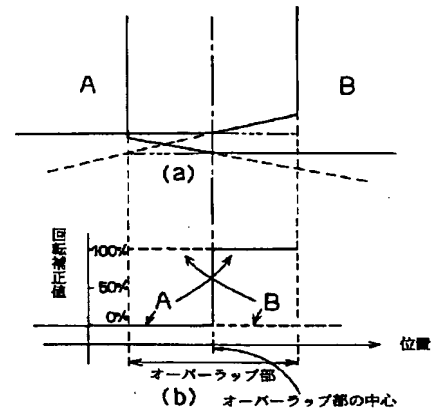
【図13】



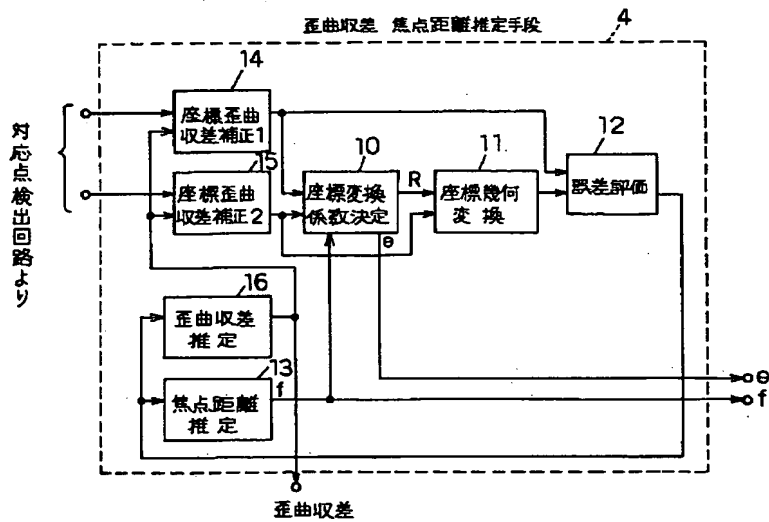
【図 1】



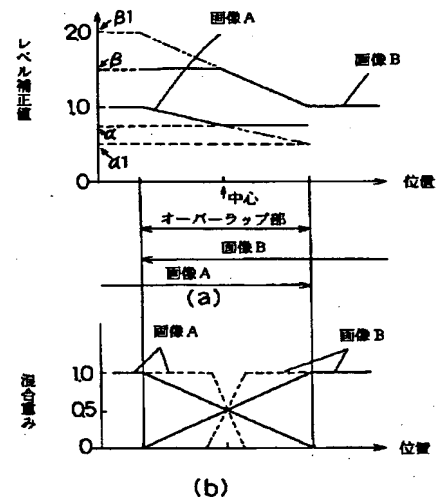
【図 4】



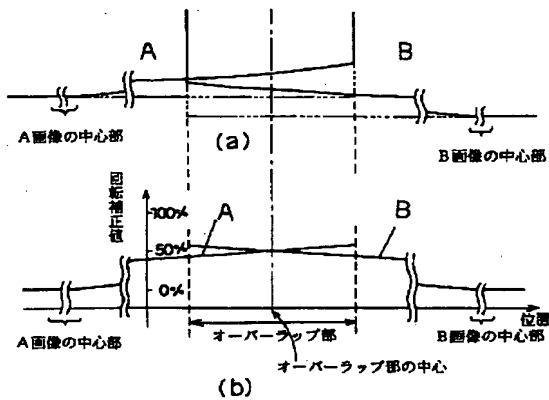
【図 2】



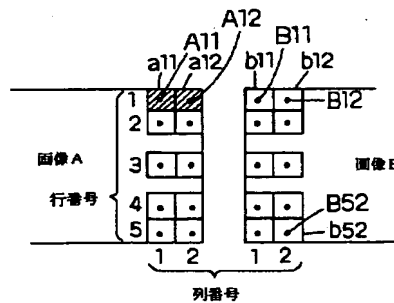
【図 7】



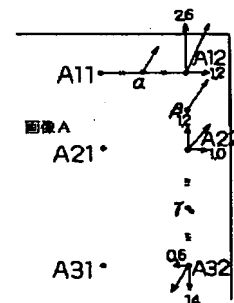
【図 5】



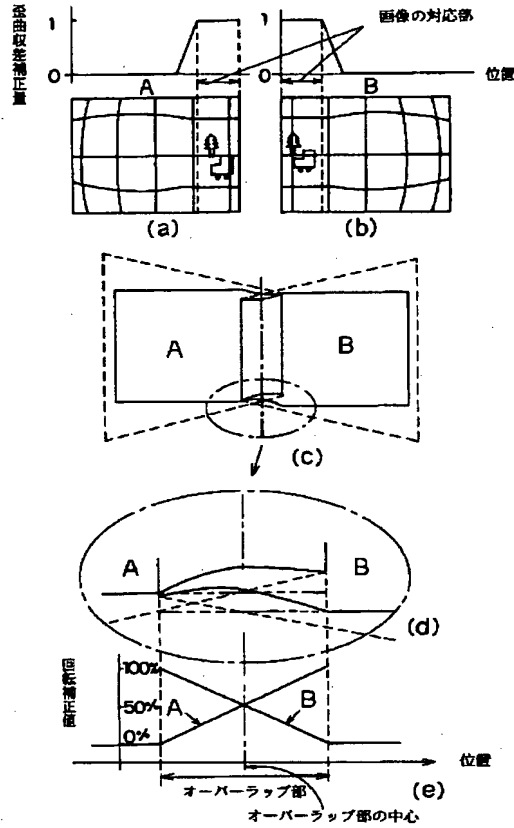
【図 11】



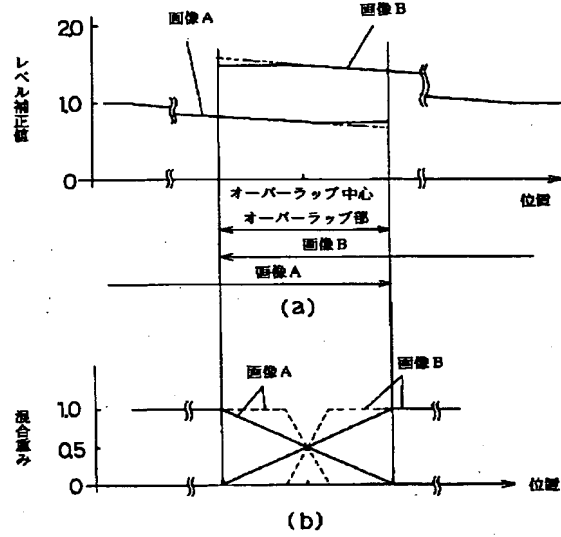
【図 12】



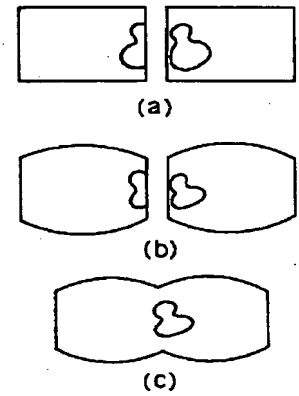
【図3】



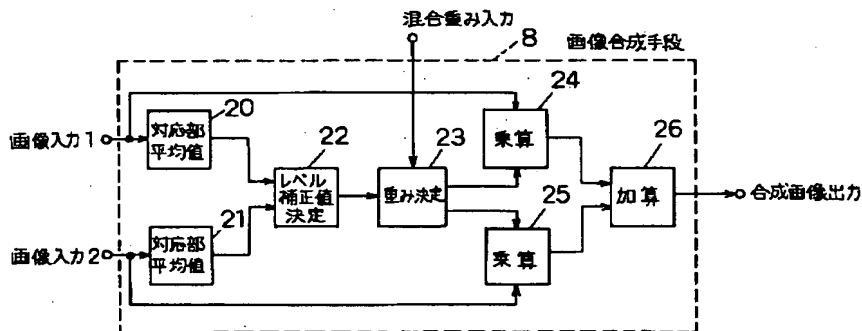
【図8】



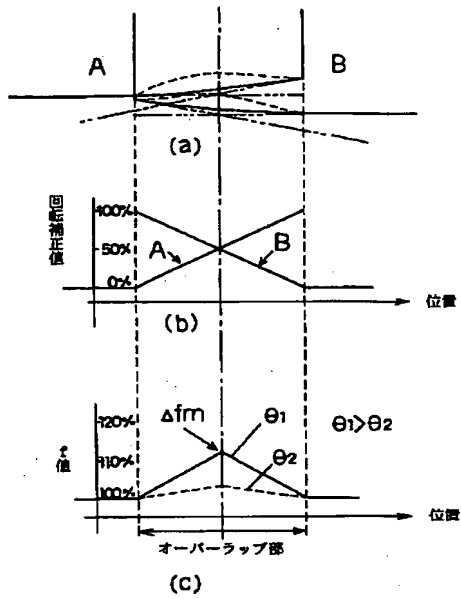
【図14】



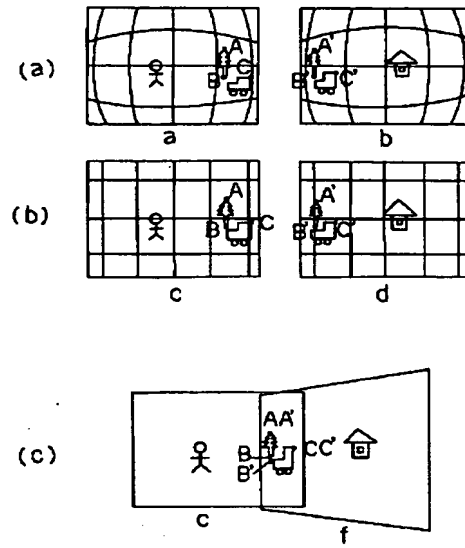
【図6】



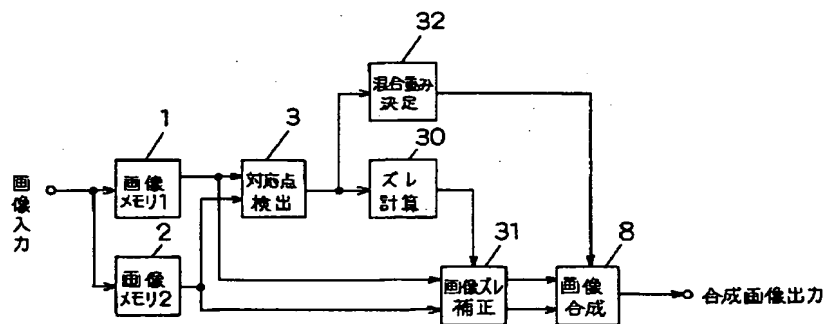
【図 9】



【図 15】



【図 10】



【図 16】

